

# Résistance à la fatigue des assemblages rivés

Autor(en): **Graf, O.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2969>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# V 7

## Résistance à la fatigue des assemblages rivés.

## Dauerfestigkeit bei Nietverbindungen.

## Fatigue Strength of Riveted Connections.

O. Graf,

Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart.

Dans le fascicule B 5 des Rapports de la Commission pour les essais concernant la construction métallique, on parle pour la première fois aux pages 42 et suivantes du comportement des assemblages rivés, en acier St. 52, soumis à l'alternation souvent répétée de charges de traction et de compression.

On y rend le lecteur attentif au fait que l'amplitude d'une charge variant entre la traction et la compression, que peut supporter un assemblage rivé,

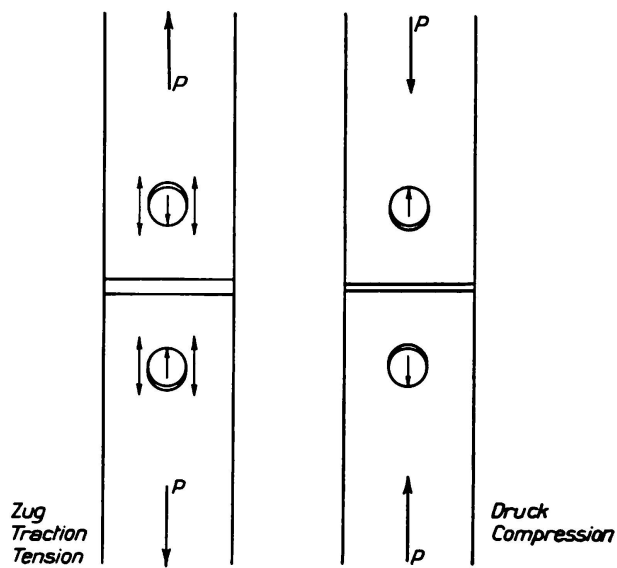


Fig. 1.

Fig. 2.

est beaucoup plus grande que l'amplitude qui peut être supportée, d'une charge de traction oscillante. La raison de ce résultat important pour la pratique réside dans le fait que les forces de traction sont transmises d'après la fig. 1, et les forces de compression d'après la fig. 2. Dans le cas de la fig. 1, la sollicitation à la traction du métal au bord du trou est déterminante; dans le cas de la fig. 2 la charge de compression — si l'on néglige la fraction de la charge qui est transmise par frottement<sup>1</sup> — agit directement sur les rivets; la sollicitation au bord

<sup>1</sup> On verra plus tard si le frottement est plus petit lorsque la charge varie entre la traction et la compression que lorsqu'elle varie en traction à partir de zéro.

du trou reste par conséquent plus petite lors d'une alternation de la traction et de la compression que lorsqu'agissent des tractions de même amplitude.

Il fallait encore rechercher si la résistance des assemblages soudés, avec différents rapports de la sollicitation à la traction à la compression du bord du trou et à la force de cisaillement du rivet, c'est-à-dire avec différentes valeurs  $\sigma : \sigma_1 : \tau$ , est autrement influencée par une surcharge variant souvent entre la traction et la compression que pour une surcharge de traction souvent répétée.

Les résultats des essais effectués avec les assemblages représentés aux fig. 3 et 4 sont communiqués dans le fascicule déjà cité B 5, pages 42 à 47. Les résistances à la fatigue déterminées alors sont données au tableau 1. On voit que l'amplitude qui, variant entre la traction et la compression peut être supportée 250 000 fois, est beaucoup plus grande que pour une traction souvent répétée, par exemple:

pour la série 2  $2.14,5 = 29 \text{ kg/mm}^2$  contre  $20 \text{ kg/mm}^2$   
 pour la série 3  $2.13,5 = 27 \text{ kg/mm}^2$  contre  $18 \text{ kg/mm}^2$ .

Les chiffres montrent en outre que les assemblages à deux rangées de rivets étaient plus résistants que ceux à trois rangées.

D'amples détails sur les allongements des assemblages sont donnés dans la publication citée au début. On voit qu'il est nécessaire de rechercher la manière dont il faut procéder pour l'exécution des assemblages afin de maintenir toujours faibles les glissements qui se produisent avec l'accroissement de la charge et pour une répétition fréquente de la charge.

Entre temps on a encore essayé les assemblages suivant les fig. 5 et 6 (séries 3 et 4).<sup>2</sup> Alors que dans les essais du tableau 1 (fig. 3 et 4, séries 2 et 5) on avait  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,9 : 0,8$ , c'est-à-dire les valeurs limites données par les prescriptions, on a choisi dans les nouveaux essais avec des modèles suivant les fig. 5 et 6;  $\sigma : \sigma_1 = 1 : 1,5$  et  $1 : 2,5$ . Le rapport  $\sigma : \tau$  était comme précédemment  $1 : 0,8$ .

L'essai de traction, conforme aux normes, de la tôle de 17 mm d'épaisseur de la série 3 a donné:

pour la limite d'écoulement . . . . .  $35,6 \text{ kg/mm}^2$   
 pour la résistance à la traction . . . . .  $52,4 \text{ kg/mm}^2$   
 pour l'allongement à la rupture . . . . .  $24,6 \%$   
 pour la réduction de la section à la rupture .  $65,0 \%$ .

Pour la tôle de 10 mm d'épaisseur de la série 4 on a trouvé:

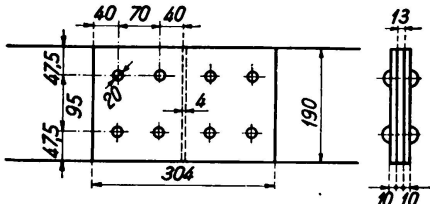
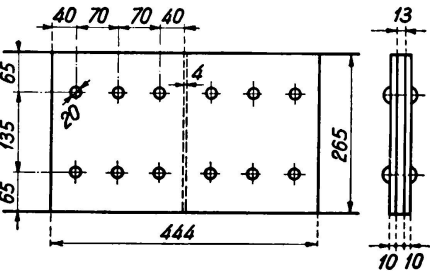
pour la limite d'écoulement . . . . .  $39,6 \text{ kg/mm}^2$   
 pour la résistance à la traction . . . . .  $54,0 \text{ kg/mm}^2$   
 pour l'allongement à la rupture . . . . .  $25,8 \%$   
 pour la réduction de la section à la rupture .  $59,0 \%$ .

L'essai de Binell des rivets recuits normalement (livrés comme rivets en acier St. 44) a donné  $137 \text{ kg/mm}^2$ . Dans la comparaison des essais décrits dans la suite aux essais du tableau 1, il faut remarquer que l'acier pour les nouveaux essais a été livré spécialement.

Toutes les tôles et les rivets furent gracieusement livrés par l'usine Oberhausen de la «Gutehoffnungshütte».

<sup>2</sup> M. L'ingénieur *Munzinger* était chargé de l'exécution de ces essais.

Tableau 1.

Série	Type de construction des assemblages rivés $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1,0 : 1,9 : 1,3$	Résistance à la fatigue pour 250 000 oscillations variant en traction de 0 à $\sigma_z$ kg/mm <sup>2</sup>	alternées, où $+\sigma = -\sigma$ $\sigma_w$ kg/mm <sup>2</sup>
2	 <p>Fig. 3.</p>	20	14,5
5	 <p>Fig. 4.</p>	18	13,5
1936	Essais à la fatigue des assemblages rivés. Tôles d'acier 52, rivets d'acier 44		Gf 4539

L'exécution des assemblages rivés se fit au Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole Polytechnique de Stuttgart. Les trous furent percés — en même temps Les bords des trous furent légèrement ébarbés aux surfaces de contact; à la pour la tôle et les couvre-joints — à 19,5 mm puis alésés exactement à 20,0 mm. surface extérieure des couvre-joints on a chanfreiné 1 à 1,5 mm.

Les surfaces de contact des tôles et des couvre-joints furent soigneusement dégraissées avec de la benzine avant le rivetage. On ne mit aucune couche de minium — d'après les prescriptions alors valables. —

Le rivetage se fit à l'air comprimé. On utilisa un marteau de la «Frankfurter

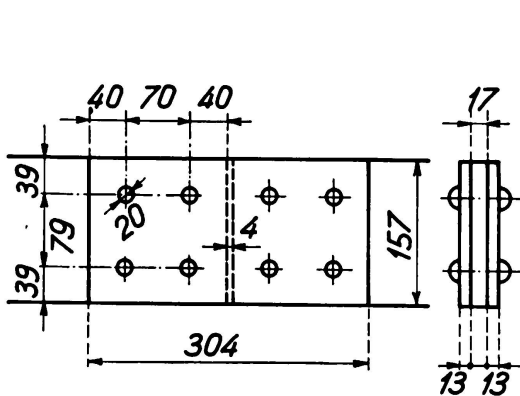


Fig. 5.

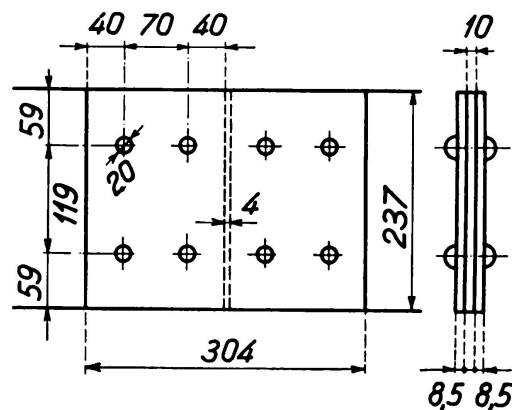
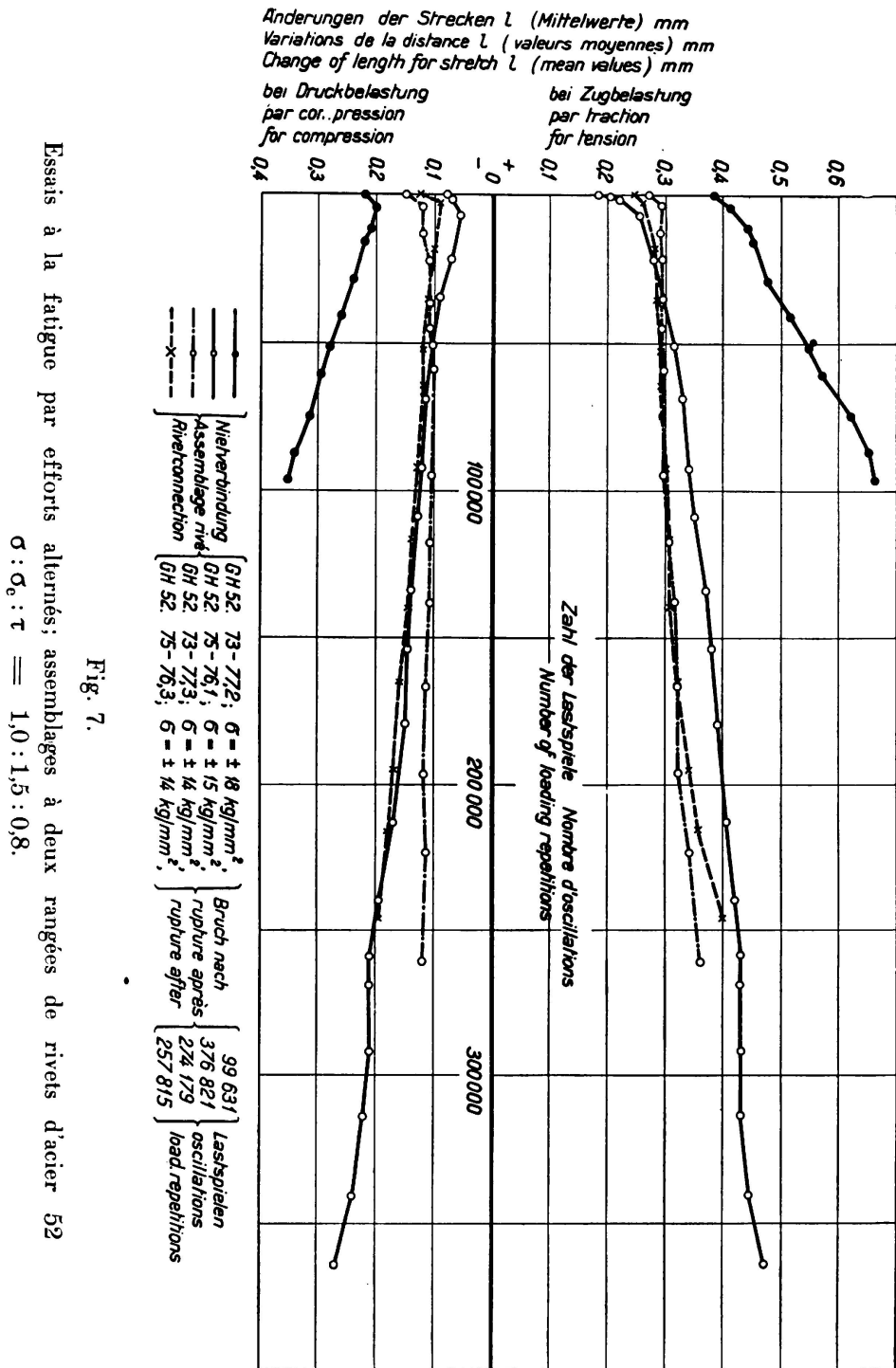


Fig. 6.

Maschinenbau A.G., vormals Pokorny & Wittekind» type N 80 (poids: 13,3 kg, poids du chasse-rivets: 1,33 kg). La pression de l'air comprimé était de 6 à 7 atm.



Au début du rivetage, les rivets étaient chauffés sur toute leur longueur jusqu'au rouge-orange. La durée du rivetage (durée du martelage) se montait à 15 sec.

L'essai des assemblages rivés se fit comme précédemment.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Cf. fasc. B 5 des „Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau“, 1935, p. 44.

Le nombre des oscillations à la minute fut dans les essais de fatigue par traction et compression (oscillation entre la traction et la compression) en général d'environ 6 à 10; dans les essais de fatigue par traction (résistance à la fatigue par rapport à l'origine) on utilisa à la minute 9 à 21 cycles, chaque fois avec la limite inférieure  $\sigma_{uz} = 0,5 \text{ kg/mm}^2$ .

Dans tous les essais on a déterminé les allongements des assemblages rivés et sur une longueur entre repères de 2,6 cm plus longue que les couvre-joints.

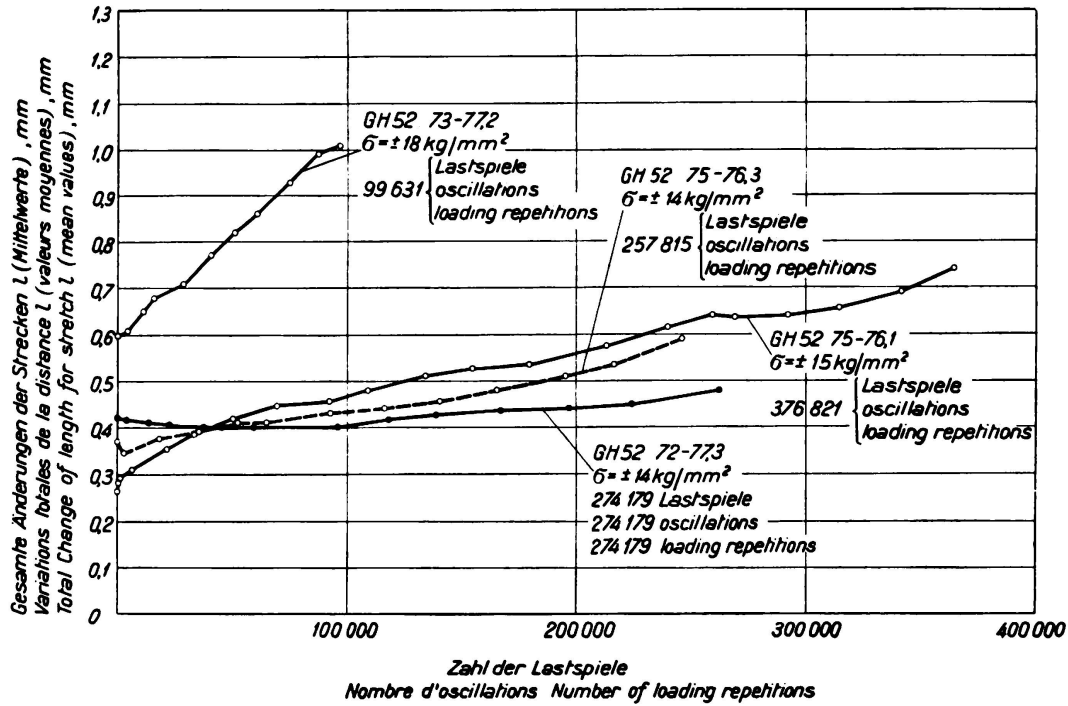


Fig. 8.

$$\sigma : \sigma_e : \tau = 1,0 : 1,5 : 0,8.$$

Essais à la fatigue par efforts alternés; assemblages à deux rangées de rivets d'acier 52.

A. — Déformations.

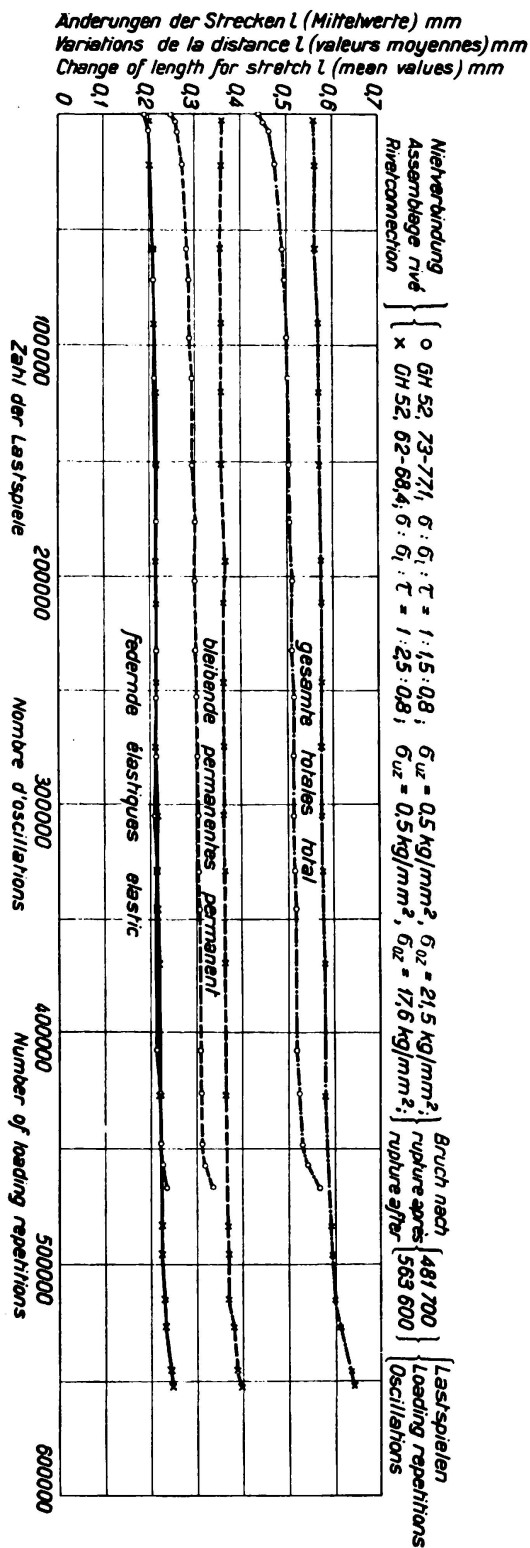
1° — Assemblages rivés d'après la fig. 5 (série 3;  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$ ). La fig. 7 montre les allongements des assemblages rivés de la série 3, pour une variation entre la traction et la compression. Les courbes de la partie supérieure de la fig. 7 donnent les allongements qui se produisaient lorsque la force de traction agissait; les courbes de la partie inférieure de la fig. 7 représentent les raccourcissements qui ont été mesurés lorsque l'on avait une force de compression. L'allure de ces courbes indique que les déformations sont devenues très petites lorsque la sollicitation est descendue de  $\pm 18$  à  $\pm 15 \text{ kg/mm}^2$ , ces courbes descendent encore lorsque la sollicitation est réduite à  $14 \text{ kg/mm}^2$ .

Les variations désignées comme allongements et raccourcissements sont additionnées pour chaque cycle observé et sont représentées comme variation totale à la fig. 8.

La comparaison est donnée à la fig. 9; les courbes désignées par des cercles représentent les allongements qui se produisent pour une surcharge de traction

de  $\sigma_u = 0,5 \text{ kg/mm}^2$  et  $\sigma_o = 21,5 \text{ kg/mm}^2$ , c'est-à-dire avec l'amplitude de  $21 \text{ kg/mm}^2$ . L'allongement total se montait en moyenne à environ  $0,5 \text{ mm}$ , ce qui est plus que dans les essais de traction et compression avec amplitude de  $28 \text{ kg/mm}^2$  (voir la courbe inférieure de la fig. 8).

2° — Assemblages rivés d'après la fig. 6 (série 5;  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8$ ). Les résultats des mesures sont donnés à la fig. 10 (valable pour des essais



Essais à la fatigue par traction avec des assemblages à deux rangées de rivets d'acier 52.  
Fig. 9.

avec variation entre la traction et la compression) et à la fig. 9 (courbe marquée par des croix; valable pour un essai avec surcharge de traction partant de zéro).

3° — La considération des résultats donnés sous 1) et 2) montre que les allongements des assemblages, sous une charge variant entre la traction et la compression, sont importants, ce qui engendre en service des «secousses» dans de tels assemblages. On doit chercher de construire les assemblages de telle sorte que les mouvements soient petits. Les allongements des assemblages rivés dépendent:

- a) de la grandeur du frottement dans les surfaces de contact des assemblages rivés, donc du coefficient de frottement des surfaces des tôles et de la force d'adhérence des rivets.
- b) du jeu des rivets dans les trous.

De nouveaux essais avec des paquets de tôles rivées et les essais dont il est parlé dans le fascicule B 5 de la Commission pour les essais concernant la construction métallique, montrent ce qui suit.

Le frottement des surfaces des tôles était plus grand après un nettoyage au jet de sable que lorsque le nettoyage était fait avec de la benzine. Le frottement des surfaces était évidemment plus petit lorsque ces surfaces étaient passées au minium que lorsqu'elles étaient sans enduit.

La force d'adhérence des rivets était la plus grande lorsque les rivets étaient chauffés sur toute leur longueur jusqu'au rouge-clair et lorsque les extrémités étaient déjà au blanc. Le martelage des rivets se faisait alors en 10 sec. avec de puissants marteaux à air comprimé. Des rivets moins fortement chauffés possédaient des forces d'adhérence moins grandes et irrégulières.

Le jeu entre le rivet et la paroi du trou restait au-dessous de 0,15 mm avec des rivets de 23 mm, lorsque le diamètre du rivet était aussi peu que possible au-dessous du diamètre du trou. On arrivait à peu près au même résultat lorsque les rivets étaient prévus plus forts que les prescriptions l'indiquent. Le refoulement du rivet avant l'exécution de la tête permettait aussi de réduire au-dessous de 0,15 mm l'espace entre le rivet et la paroi du trou.

#### B. — La résistance des assemblages.

C'est un point spécialement important. Dans la suite nous donnerons les résultats des essais et d'abord pour les assemblages d'après la fig. 5, puis pour les assemblages suivant la fig. 6.

1° — *Assemblages rivés, suivant la fig. 5* (série 3;  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$ ).

On a éprouvé trois assemblages soumis alternativement à des tractions et des compressions également grandes. On obtint:

Pour l'assemblage . . . . .	73—77,2	75—76,1	73—77,3	75—76,3
des sollicitations à la traction et à la compression $\sigma =$ . . . . .	18	15	14	14 kg/mm <sup>2</sup> .
donc l'amplitude de + $\sigma$ à - $\sigma$ de . . . . .	36	30	28	28 „
pression d'écrasement $\sigma_1 =$ . . . . .	26,4	22,1	20,5	20,7 „
contrainte de cisaillement du rivet $\tau$ . . . . .	14,4	12,0	11,2	11,2 „
le rapport $\sigma : \sigma_1 : \tau$ . . . . .	1 : 1,47 : 0,80    1 : 1,46 : 0,80    1 : 48 : 0,80;			
le nombre des alternances jusqu'à rupture	99631	376821	274179	257815.



On peut voir entre autres que l'amplitude qui peut se produire 250 000 fois sans rupture, se monte à 28 kg/mm<sup>2</sup>; si l'oscillation doit pouvoir agir 500 000 fois sans que la rupture se produise, elle ne doit pas dépasser 26 kg/mm<sup>2</sup>.

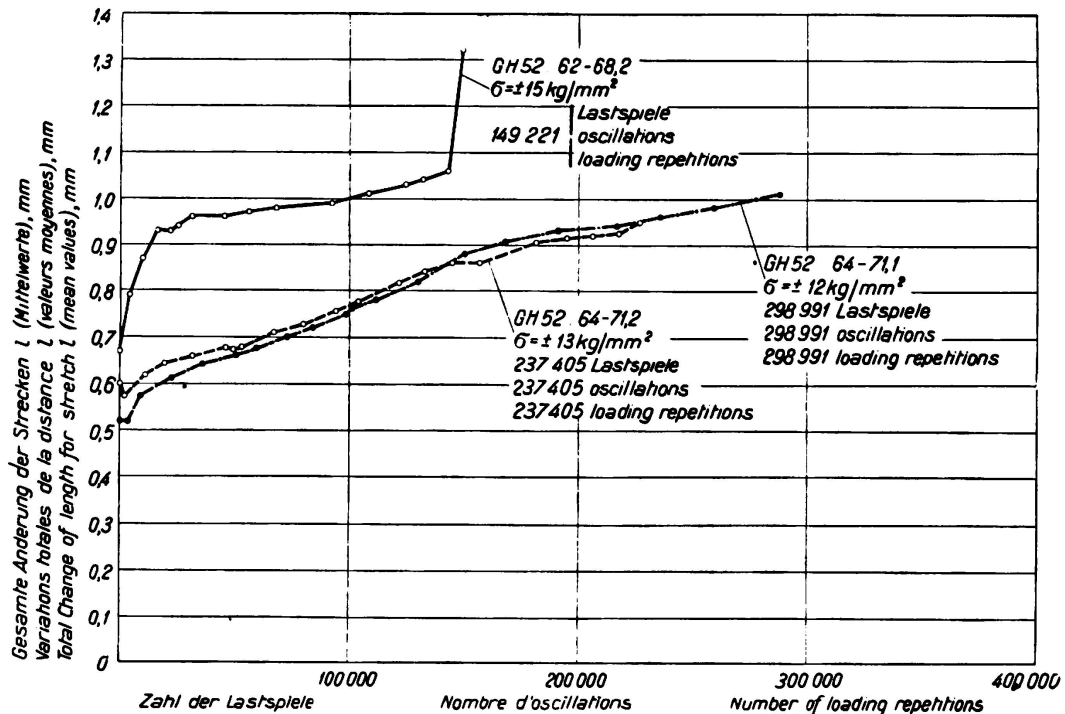


Fig. 10.

Essais à la fatigue par efforts alternés; assemblages à deux rangées de rivets d'acier 52  
 $\sigma : \sigma_c : \tau = 1,0 : 2,5 : 0,8$ .

A titre de comparaison nous avons essayé un assemblage rivé conforme à la fig. 5 pour une traction souvent répétée. L'essai a donné:

$$\begin{aligned} \text{pour } \sigma_{uz} &= 0,5 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_{uz} &= 21,5 \text{ kg/mm}^2, \\ \text{amplitude d'oscillation } \sigma_o - \sigma_u &= S = 21 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_1 &= 31,6 \text{ kg/mm}^2 \\ \tau &= 17,3 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma : \sigma_1 : \tau &= 1 : 1,47 : 0,80. \end{aligned}$$

La rupture se produisait après 481 700 oscillations.

De cet essai on peut voir que l'amplitude d'oscillation qui peut être supportée 500 000 fois se monte à env. 20 kg/mm<sup>2</sup>. D'après d'autres essais exécutés avec des assemblages plus étroits mais avec le même rapport  $\sigma : \sigma_1 : \tau$  on peut estimer que l'amplitude pour 250 000 cycles est d'env. 22 kg/mm<sup>2</sup>.

Le rapport des amplitudes dans un essai de traction et de compression aux amplitudes pour la seule traction est:

$$\begin{aligned} \text{pour } 250\,000 \text{ oscillations } & 28 : 22 = 1,27 : 1, \\ \text{pour } 500\,000 \text{ oscillations } & 26 : 20 = 1,30 : 1. \end{aligned}$$

<sup>4</sup> fasc. B 5 oder „Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau“, p. 40.

Les chiffres montrent, en accord avec les résultats des assemblages suivant les fig. 3 et 4, que l'amplitude d'oscillation dans une surcharge partant de zéro est beaucoup plus petite que lors d'une surcharge variant entre la traction et la compression.

2° — *Assemblages d'après la fig. 6* (série 5;  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8$ ).

Dans le cas de charges variant entre la traction et la compression nous avons éprouvé trois assemblages. On obtint

pour les assemblages . . . . .	62—68,2	64—71,2	64—71,1
des sollicitations à la traction et à la compression	15	13	12 kg/mm <sup>2</sup>
donc l'amplitude de + $\sigma$ à - $\sigma$ de . . . . .	30	26	24 „
pression d'écrasement $\sigma_1 =$ . . . . .	36,4	32,1	29,7 „
contrainte de cisaillement du rivet $\tau$ . . . . .	11,9	10,4	9,6 „
le rapport $\sigma : \sigma_1 : \tau$ . . . . .	1 : 2,43 : 0,79	1 : 2,47 : 0,80,	
le nombre des alternances jusqu'à rupture . . . . .	149221	237405	298991.

On obtient de là que l'amplitude d'oscillation qui peut se produire 250 000 fois sans rupture est d'env. 25 kg/mm<sup>2</sup>; l'amplitude d'oscillation qui peut être supportée 500 000 fois est à estimer d'après la représentation graphique, à 21 kg/mm<sup>2</sup>.

Un assemblage rivé d'après la fig. 6 a été éprouvé pour une sollicitation à la traction partant de l'origine, on a obtenu:

$$\begin{aligned} \sigma_{uz} &= 0,5 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_{oz} &= 17,6 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_o - \sigma_u &= 17,1 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_{1o} &= 42,8 \text{ kg/mm}^2 \\ \tau_o &= 14,1 \text{ kg/mm}^2 \text{ et} \\ \sigma : \sigma_1 : \tau &= 1 : 2,43 : 0,80. \end{aligned}$$

L'assemblage s'est rompu après 563 600 oscillations.

A l'aide des observations antérieures on peut évaluer l'amplitude d'oscillation pour une surcharge partant de zéro

$$\begin{aligned} &\text{pour 250 000 oscillations à } 20 \text{ kg/mm}^2, \\ &\text{pour 500 000 oscillations à } 17 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Le rapport des amplitudes d'oscillation pour une charge variant entre la traction et la compression aux amplitudes pour une surcharge partant de zéro est

$$\begin{aligned} &\text{pour 250 000 oscillations } 25 : 20 = 1,25 : 1, \\ &\text{pour 500 000 oscillations } 21 : 17 = 1,24 : 1. \end{aligned}$$

3° — On peut tirer de toutes les observations sur la résistance des assemblages rivés ce qui suit:

a) L'amplitude d'oscillation qui peut être supportée 250 000 ou 500 000 fois sans que la rupture se produise est beaucoup plus grande que lorsque des charges de traction partant de zéro agissent; le surplus se monte dans le cas de la fig. 5 à 25 et 30 %, dans le cas de la fig. 6 à 19 et 23 %.

b) La résistance à la fatigue des assemblages rivés est avec  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$  plus grand qu'avec  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8^5$  pour le cas où 500 000 oscillations doivent pouvoir être supportées, l'amplitude d'oscillation est:

<sup>5</sup> Une comparaison directe avec les assemblages des fig. 3 et 4 n'est pas possible car l'acier venait de différentes livraisons.

pour des charges variant entre la traction et la compression

$$\text{avec } \sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8 \quad S = 26 \text{ kg/mm}^2,$$

$$\text{avec } \sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8 \quad S = 21 \text{ kg/mm}^2,$$

pour des charges de traction partant de zéro

$$\text{avec } \sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8 \quad S = 20 \text{ kg/mm}^2,$$

$$\text{avec } \sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8 \quad S = 17 \text{ kg/mm}^2.$$

### C. — Destruction des assemblages rivés.

Tous les assemblages se sont rompus dans les tôles dans une rangée extérieure de rivets, donc par exemple dans la fig. 11 en c. La rupture a débuté au bord du

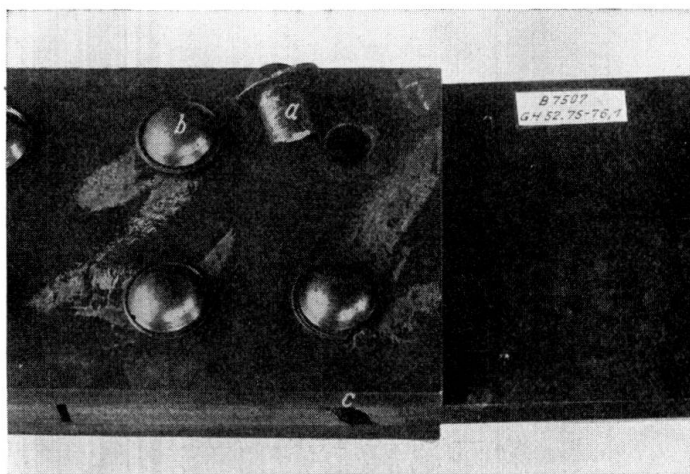


Fig. 11.

Joint rivé 75—76,1 ·  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1; 1,5 : 0,8$ . Rupture dans la tôle en c partant des bords des trous de rivets. Rupture des rivets a et b.

trou de rivet ainsi que beaucoup d'essais antérieurs l'avaient montré. En outre, dans l'assemblage donné à la fig. 11 les rivets a et b sont rompus, ce qui signifie que la résistance à la flexion de ces rivets a été dépassée sous les charges souvent répétées.<sup>6</sup>

Un assemblage rivé de la même série qui ne présentait aucune rupture extérieure des rivets fut coupé suivant la fig. 12 après l'essai. On a trouvé dans

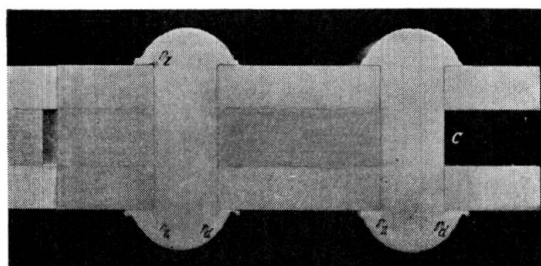


Fig. 12.

Coupe en long par le joint rivé 75—76,3.  $\sigma = \pm 14 \text{ kg/mm}^2$ ;  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$ ; 257 815 charges alternatives jusqu'à la rupture; déchirures commençant en c au bord du trou de rivet.

<sup>6</sup> cf. aussi fasc. B 5 du „Ausschuß für Versuche im Stahlbau“ p. 31.

chaque rivet à la tête de fermeture et dans un rivet aussi à la tête de fines fissures  $r_z$  (engendrées par la traction) et  $r_d$  (engendrées par la compression). De tels essais permettent de déterminer la limite de résistance des rivets.

### Résumé.

Les essais montrent que l'amplitude d'oscillation des charges qui peuvent se répéter souvent, est beaucoup plus grande lorsque les charges oscillent entre la traction et la compression que lorsque seules des charges de traction agissent (cf. sous B, 3a). D'autre part l'amplitude d'oscillation pour les assemblages avec  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$  est plus grande que pour les assemblages avec  $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8$  (cf. sous B, 3b).

Les déterminations sur la grandeur des allongements des assemblages rivés sont aussi très instructives. A ce sujet nous avons exposé sous A 3 quelques essais qui sont exécutés pour l'obtention de grandes contraintes d'adhérence et de petits jeux entre les rivets et la paroi des trous.

Les essais avec assemblages d'après la fig. 5 montrent que les rivets sont détruits par des charges de flexion lorsque la charge est souvent répétée.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide